

УДК 621.9.025

С.А. КЛИМЕНКО, д-р техн. наук,
М.Ю. КОПЕЙКИНА, канд. техн. наук,
А.О. ЧУМАК, Киев, Украина

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ, ОСНАЩЕННЫХ КОМПОЗИТАМИ НА ОСНОВЕ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА

Розглянуто технологічні можливості різальних інструментів, оснащених полікристалічними надтвердими композитами на основі кубічного нітриду бору груп ВН, ВL, ВС, які виробляються Інститутом надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України. Наведено дані з порівняння їх працездатності, показано приклади та області ефективного застосування.

Ключові слова: різальний інструмент, кубічний нітрид бору

Рассмотрены технологические возможности режущих инструментов, оснащенных поликристаллическими сверхтвердыми композитами на основе кубического нитрида бора групп ВН, ВL, ВС, которые производятся Институтом сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины. Представлены данные по сравнению их работоспособности, показаны примеры и области эффективного применения.

Ключевые слова: режущий инструмент, кубический нитрид бора

The technological possibilities of cutting tools equipped with polycrystalline superhard composites based on cubic boron nitride of ВН, ВL, ВС groups are considered. The tools were made at the V.N. Bakul Institute of Superhard Materials of the NAS of Ukraine. The data are presented comparing their operability, examples and areas of effective application are shown.

Keywords: cutting tool, cubic boron nitride

Совершенствование технологий механической обработки изделий из современных конструкционных материалов связано с повышением производительности и снижением стоимости обработки за счет увеличения режимов резания, что, в свою очередь, обусловлено созданием новых режущих инструментов с применением высокоэффективных композитов инструментального назначения, таких как сверхтвердые материалы (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (сBN) [1].

Согласно стандарта ISO 1832-2012, композиты на основе сBN делятся на три группы – ВН, ВL, ВС.

Композиты группы ВН – с количеством сBN в диапазоне 70-95 об. %, являются существенно монофазными, но гетерогенными по своей структуре. К группе ВL относятся композиты с 45-65 об. % сBN. Матрица, дисперсность структуры которой соответствует субмикронному диапазону, мультифазна и

имеет сложный химический состав на основе керамических компонент с TiN, Ti(C, N), TiC, TaN, TiB₂, Si₃N₄, SiC, MAX-фаз. Группа BC объединяет композиты на основе cBN с защитными покрытиями.

Ниже показаны технологические возможности режущих инструментов, оснащенных поликристаллическими сверхтвердыми материалами на основе cBN, созданными в Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Режущие инструменты, оснащенные композитами группы BN, позволяют эффективно обрабатывать изделия из различных чугунов, легированных сталей высокой твердости, твердых сплавов с содержанием WC > 15%, литых высокомарганцовистых сталей (например, 110Г13Л), деталей с напыленными покрытиями, в том числе самофлюсующимися, с аморфной и аморфно-кристаллической структурами и наплавленными покрытиями сплавами мартенситного класса высокой твердости (рис. 1).

Для эффективной обработки броней дробилок из литой стали 110Г13Л как по корке, так и после ее удаления, применяются инструменты, оснащенные пластиной RNUN 19070T из композита системы «cBN-AN, AlB₁₂» (содержание cBN 97%). При точении по корке со скоростями резания 70-100 м/мин, с подачами 0,3-0,4 мм/об и глубинами резания до 8-9 мм стойкость резцов составляет 120-180 мин.

Точение деталей, наплавленных сварочными, наплавочными, порошковым проволоками, спеченными лентами, напыленными с оплавлением покрытиями системы Ni-Cr-B-Si, напыленных порошковыми покрытиями с аморфной структурой, инструментами, оснащенными композитами систем «cBN-AN, AlB₁₂», «cBN-Si₃N₄» (содержание cBN 97%), производится со скоростями резания 60-110 м/мин как непосредственно по неровному поверхностному слою, так и в условиях финишной обработки.

В сравнении с керамическими резцами, точение валков из отбеленного чугуна на вальцетокарных станках резцами из ПСТМ системы «cBN-Si₃N₄» выполняется с производительностью большей до 4-5 раз, стойкостью инструмента большей в 3,0-3,5 раза. Обработка бочки валков и ручьев производится со скоростью резания 70-85 м/мин, с глубинами резания 0,2-1,5 мм при стойкости инструмента 120-130 мин.

Инструменты, оснащенные композитом системы «cBN-Si₃N₄», эффективно обрабатывают детали прокатной арматуры из твердого сплава BK15, BK25, BK30 со скоростями резания 15-20 м/мин.

Режущие инструменты, оснащенные композитами группы BL, позволяют проводить высокоэффективную чистовую лезвийную обработку изделий из сталей высокой твердости (62-64 HRC) (рис. 2).

Режущие инструменты из композитов систем «cBN-TiN», «cBN-TiC» (содержание cBN 50-55 об. %), позволяют выполнять чистовое точение закаленных сталей (ХВГ, ШХ15, 30ХГСА, 40Х, У8) при скоростях резания 180-270 м/мин, что обеспечивает производительность до 9000 мм³/мин.



a



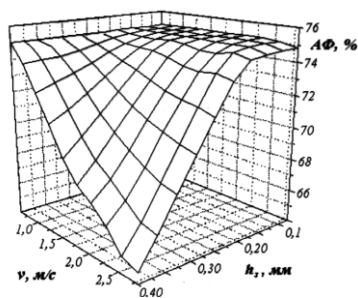
б



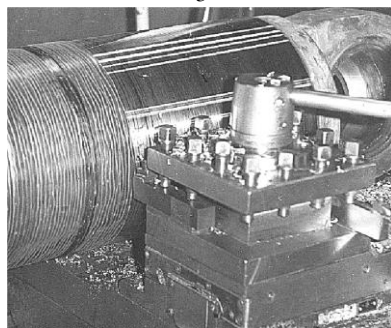
в



г



д



е

Рисунок 1 – Примеры применения инструментов, оснащенных поликристаллическими сверхтвёрдыми композитами группы *BH*, при обработке деталей:
a – из чугунов; *б* – из сталей; *в* – из твёрдых сплавов; *г* – из литых высокомарганцовистых сталей; *д* – с напыленным покрытием (влияние условий обработки на степень аморфизации покрытия $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{12}\text{B}_{10}$); *е* – с наплавленным покрытием

По сравнению с обработкой инструментами из композитов группы *BH* скорость изнашивания инструментов в 1,5–5,0 раз ниже, что обуславливает получение обработанных изделий высокого качества при стойкости инструментов 30–45 мин. При скоростях резания более 250 м/мин наиболее перспективно применение режущих инструментов из композитов системы «сBN-TiC», которые по работоспособности соответствуют мировым аналогам (CBN100, SECO, Швеция).

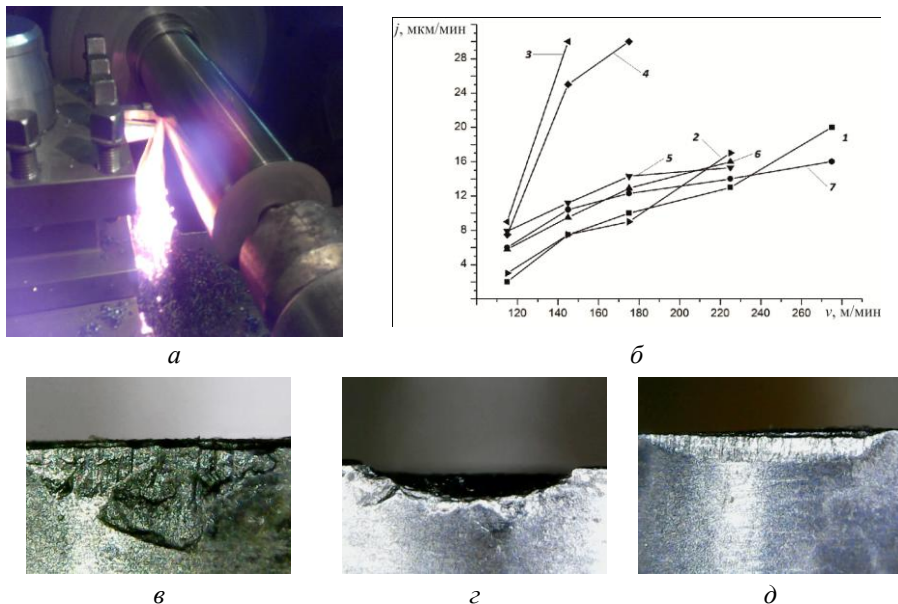


Рисунок 2 – Вид зоны обработки инструментом, оснащенным композитом группы *BL* (а), зависимость скорости изнашивания инструментов из ПСТМ на основе cBN от скорости резания при точении стали ШХ15 (62 HRC) (б): 1 – CBN100, 2 – WBN565, 3 – тонал-10, 4 – борсинит, 5 – wBN (55 об. %)TiN, 6 – wBN (55 об. %)TiC, 7 – cBN (55 об. %)TiC; контактные участки задней поверхности инструментов из ПСТМ CBN100 (Seco) (в), cBN (55 об. %)TiC (г), cBN(75 об. %)TiC (д) после точения «с ударом» стали ХВГ (62–64 HRC) ($v = 250\text{--}265$ м/мин)

При высокоскоростном точении обеспечивается шероховатость обработанной поверхности Ra 0,32–0,63 (Rz 4–6), что в ряде случаев позволяет заменить на этапе чистовой обработки операцию шлифования, точением инструментами, оснащенными композитами на основе cBN.

Обработка изделий, изготовленных из Fe-C сплавов средней твердости (48–55 HRC), проводится инструментами с композитами группы *BL* со скоростями резания 300–360 м/мин при стойкости инструментов 25–35 мин.

Режущие инструменты, оснащенные композитами переходной группы *BL-BH* по интенсивности изнашивания при чистовом точении железоуглеродистых сплавов твердостью 60–64 HRC со скоростями резания 180–270 м/мин превышают на 25–30% интенсивность изнашивания инструментов с композитами группы *BL*, однако позволяют проводить обработку при динамических нагрузках (рис. 3).

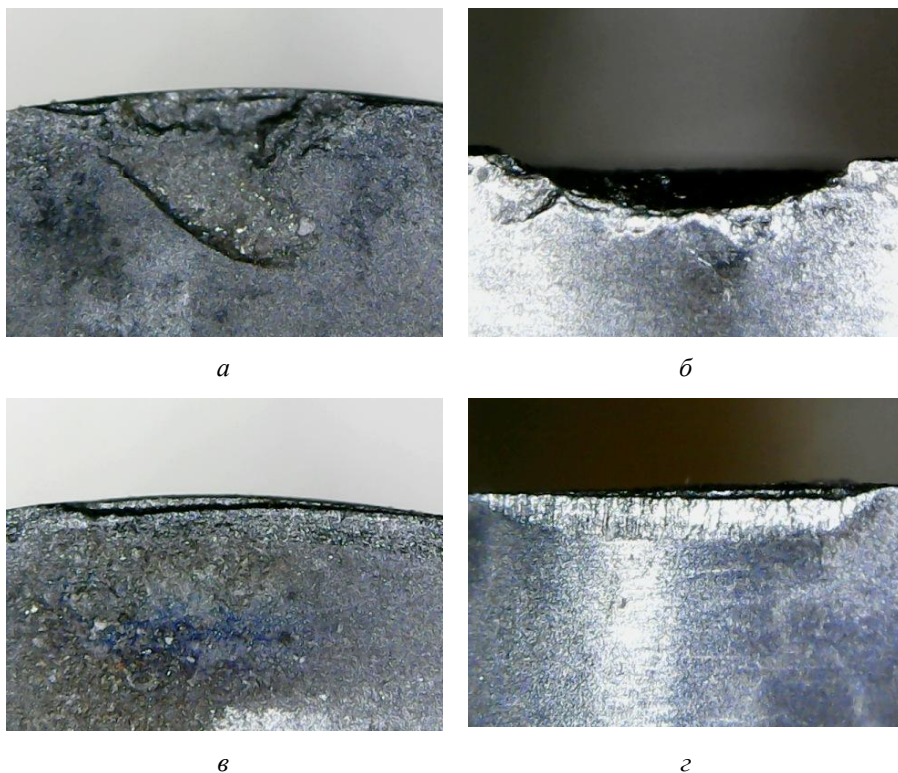


Рисунок 3 – Контактные участки передней (а, в) и задней (б, г) поверхностей инструментов, оснащенных композитами cBN-TiC 45% (а, б), cBN-TiC 25% (в, г), после точения с «ударом» стали ХВГ (62–64 HRC) ($v = 250$ м/мин)

В таких условиях обработка инструментами с композитом с низким содержанием cBN (50–55 об. %) сопровождается быстрым разрушением режущей кромки за счет микро- и макроскалывания. Точение режущими инструментами, оснащенными композитами с содержанием cBN 70–75 об. % проводится с подачами 0,2–0,3 мм/об при стойкости инструмента 25–30 мин, что существенно расширяет сферу применения композитов на основе cBN инструментального назначения.

Режущие инструменты, оснащенные композитами группы ВС, эффективно используются при обработке отмеченных выше конструкционных материалов (рис. 4, 5).

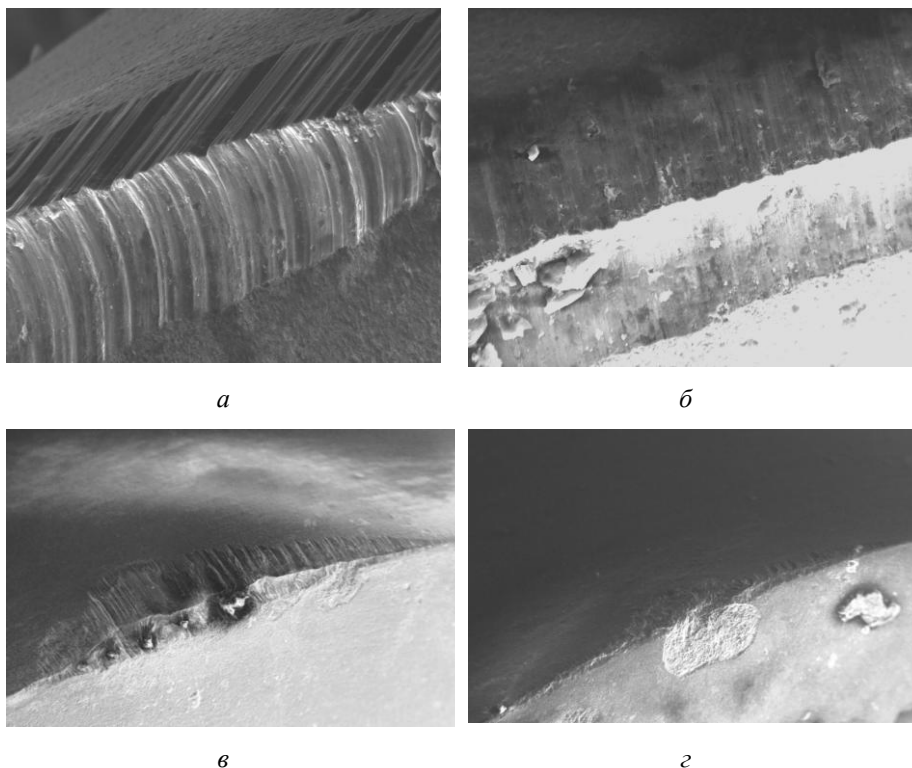


Рисунок 4 – Изношенные поверхности инструментов, оснащенных композитом группы *BH*: *а, в* – без покрытия; *б, г* – с покрытием $BN_{ам}$ (*а, б* – $v = 90$ м/мин; *в, г* – $v = 150$ м/мин)

При этом: – повышается надежность работы инструмента на этапе приработки, что связано с перераспределением и снижением напряжений, которые формируются в инструменте при его термобарическом нагружении; – увеличивается период стойкости инструментов за счет изменения механизма взаимодействия в зоне резания; – обеспечивается информационная функция, связанная с облегчением контроля величины износа инструмента.

Инструменты, оснащенные рассмотренными выше композитами на основе кубического нитрида бора, выпускаются в условиях опытно-промышленного производства ИСМ им. В.М. Бакуля НАН Украины. Наличие действующего отечественного производства инструментов из ПСТМ на основе cBN является базой для развития современных высокопроизводительных технологических процессов механической обработки, перспективных для инновационного развития промышленности.

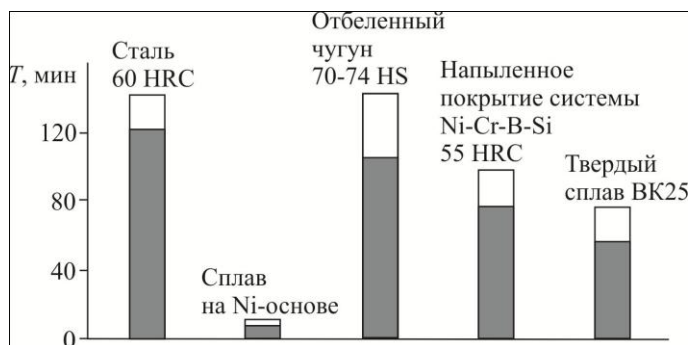


Рисунок 5 – Стойкость инструмента, оснащенного композитом группы ВН:

■ – без покрытия; □ – с покрытием Al₂O₃-NbN

Список использованных источников: 1. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н.В. Новикова и С.А. Клименко. – М.: Машиностроение, 2014. – 608 с.

Bibliography (transliterated): 1. Instrumenty iz sverhtverdyh materialov / Pod red. N.V. Novikova i S.A. Klimenko. – M.: Mashinostroenie, 2014. – 608 s.